様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２７ 年　 ６ 月 １６ 日現在

機関番号：３２６４４
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2012～2014
課題番号：２４５６０４１５

研究課題名（和文）明室環境にて高鮮明な画像投影を可能とする新プロジェクションシステムの実現

研究課題名（英文）Development of novel projection system that offers vivid image in a bright room

研究代表者
面谷　信（Omodani, Makoto）

東海大学・工学部・教授

研究者番号：８０２９７１９２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　4,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、明室での鮮明な画像投影の実現を目標とし、スクリーンに電子ペーパーを用いて投影面の白/黒を高速に切り替えつつ、投影面が白の時のみ室内照明を瞬時点灯する新方式により、明室でも鮮明な画像を投影できる理想的プロジェクションシステムを試作検討した。
検討内容として種々の反射型表示方式の中から粉体移動型方式を応答速度および白/黒コントラストの観点から抽出し、LED照明光源と投影スクリーン駆動周波数・波形の最適化を進め、得られる画面コントラスト、室内明るさ等を定量に評価し、かつ被験者による主観評価を行った結果、新システムは明るい照度環境下でも従来システムより鮮明な映像投影ができることを確認した。

研究成果の概要（英文）：Projected image on a screen is not always vivid enough when it is projected in a bright room where audiences want to read paper documents simultaneously. We have suggested a new projection system which can realize high contrast image projection in a bright room. This paper describes the construction and performance of a prototype of vivid image projection system using an e-Paper screen. We have prototyped a novel projection system which consists of an alternating e-Paper screen, an alternating LED room lighting, and conventional projector in order to achieve a vivid image projection in a bright room. Measured results have shown that more vivid and clear image projection than that of in the conventional system is achieved by our new system. The improved vividness and contrast have also been confirmed by subjective evaluation results.

研究分野：画像工学

キーワード：Projection　Electronic Paper　Visibility　Contrast　Flicker

１．研究開始当初の背景

従来、プロジェクタ投影画像は原理的に投影画像の鮮明さと室内の明るさとが両立困難であり、すなわち暗室環境では鮮明な投影画像が得られるが手元の資料を読むことが困難であり、明室環境では手元資料は読みやすいが投影画像が不鮮明となる。その改善のため従来進められてきたプロジェクタ光源の高輝度化は省エネルギに反し、かつ依然として室内は暗く保つ必要があるという宿命にあった。

本研究のめざす明室での鮮明な画像投影という目標に対し、従来の研究・開発としては、スクリーンの反射特性に様々な手法により指向性を設け、室内照明光を観察者方向に反射させないようにする工夫がなされ、一部製品化も行われている。しかし、このような従来方法では、反射指向性の強い投影スクリーンの使用により必然的にプロジェクタからの反射光も指向性の強いものとなり、結果的に映像観察可能範囲が狭くなり大勢の聴衆を前提とした場では使いにくいものとなってしまう致命的欠点があった。

２．研究の目的

本研究では、明室での鮮明な画像投影の実現を目標とし、スクリーンに電子ペーパーを用いて投影面の白/黒を高速に切り替えつつ、投影面が白の時のみ室内照明を瞬時点灯する新方式によりによる、明室でも鮮明な画像を投影でき、かつ省エネルギ型の理想的プロジェクションシステムの実現可能性を確認することを目的とした。

３．研究の方法

本研究で実現しようとする投影システムは、図１にタイムチャートを示すように電子ペーパーを用いたアクティブスクリーンを高速に白/黒反転させつつ、それと同一周期かつ逆位相で LED 室内照明を ON/PFF し、結果的にスクリーンが黒色(低反射率)のときのみ照明を点灯させることによって、スクリーン上での照明光反射成分を理想的にはゼロとし投影像のコントラスト低下を防ぎつつ、充分な室内の明るさを確保しようとするものである。

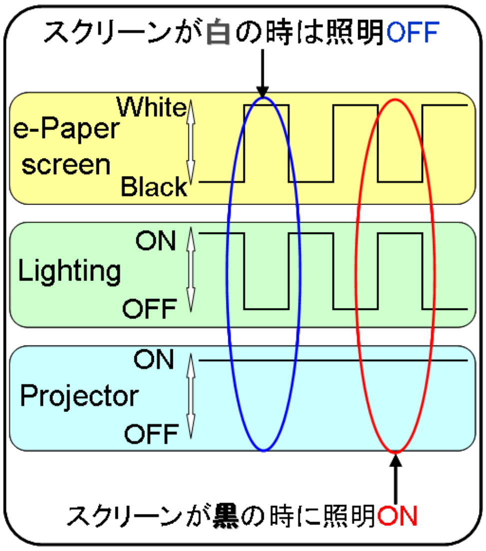

図 1 本研究の投影システムのタイムチャート

本方式においてめざす投影システムにおけるプロジェクタ、電子ペーパーアクティブスクリーン、LED 照明光源の配置・接続概念を図 2 に示す。

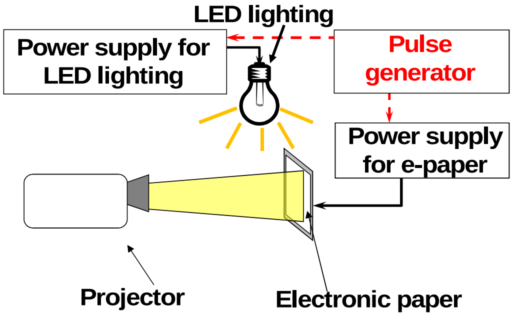

図 2 本研究の投影システムの構成

従来の手法のようにスクリーンに指向性を設けるものではないために視野角制限により観察可能域を狭くする欠点がないのが特徴であると同時に、アクティブスクリーンの性能向上により視野角制限方式よりも強い室内照明と共存させることが可能である。

４．研究成果

(1)新投影システムの試作と性能評価

光源に LCD プロジェクタ、スクリーンに電子粉流体方式の電子ペーパー（326 × 435 mm）を使用し、電子ペーパースクリーンを 120 Hz の周波数で白/黒切り替え動作させる実験システムを構築し(図 3)、その投影表示性能を評価した。

図 3 投影実験システム

表１と図４に白画像と黒画像の輝度平均値とコントラストなど装置のパフォーマンスを示した。これらの結果から確認できる通り、投影画像のコントラストは従来システム（照明 ON）＜新システム≪従来システム（照明 OFF）の順に高く、手元白紙の輝度では従来システム（照明 OFF）＜新システム　従来システム（照明 ON）となることが確認できた。

表１　従来システムとの投影特性比較

	輝度（cd/m²）			コントラスト
	黒画像投影時	白画像投影時	手元白紙	
従来システム（照明 ON）	45	429	302	9
新システム	13	329	294	25
従来システム（照明 OFF）	1	433	5	394

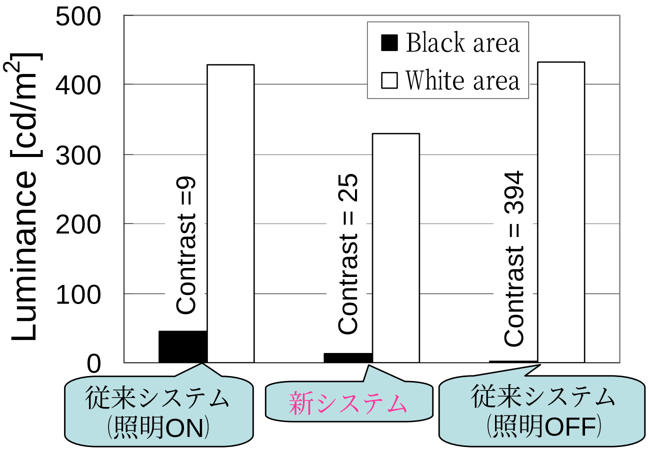

図４ コントラスト測定結果

一方、主観評価として、被験者に新システムと従来システム（照明 ON）を用いて評価を行わせた。図５に評価状況を示す。表２に主観評価の結果を示した。評価では新システムは従来システム（照明 ON）に比べ、映像の「明るさ」、「鮮やかさ」、「コントラスト」、そして「総合評価」において評価が高く、心配したスクリーンや照明のちらつきの評価も問題ない結果となった。

図５　主観評価状況

以上の結果から新システムは明るい照度環境下でも従来システムより鮮明な映像投影ができることを定量的および官能的に確認した。

表２　主観評価結果

Evaluation items	Relative score (-2 to +2)
Vividness of image.	1.2
Brightness of image.	1.1
Contrast of image.	1.1
Flicker of the screen.	0.4
Flicker of the room lighting.	0.2
Brightness of the desktop.	0.6
Readability of the document sample on the desktop.	0.7
General impression.	1.4

(2)　電気泳動方式スクリーンの応答速度向上の検討

表示スクリーン駆動方式の別候補として白/黒コントラストについては粉体移動型反射ディスプレイ方式より優れ、ただしアクティブスクリーンとして用いるには表示応答速度が不足している電気泳動表示方式について検討を進めた。

電気泳動表示方式における表示速度の阻害要因を明らかにし、これを向上させるための基礎的実験検討を行い、表示セル内での液体の乱流が表示速度の抑制要因となっていることを示し、表示セル内に液体の整流構造を導入すること、および制御電極形状の工夫により液の乱流を抑制することにより表示速度の２倍程度の向上が可能であることを実験結果として示した。

表示速度の定量的到達点としては、アクティブスクリーンとして用いるにはまだ不足しているが、本検討結果をベースにさらなる速度向上検討を進めるための基本指針が得られた。

(3)　3D 投影方式への発展の原理検討

本研究の発展形として、アクティブスクリーンに断面画像を投射して積層像を形成することによって３次元表示を行う新規表示方式についての基礎研究を行い、第１段階の検討としてアクティブスクリーンを模擬する回転型スクリーン上に３次元表示が行えることを実験により確認した。

本方式は体積型立体表示方式として、眼鏡等を必要とせず、また実像を形成するので、あらゆる方向からの観察が可能である利点を有する。

回転スクリーンの形状としては、同心円複数枚構成、渦巻き形状一枚構成、螺旋階段型構成の３種類を比較検討し、画像分解能の向上の観点では渦巻き形状一枚構成が有利であることを投影実験により確認した。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計４件）

1) 面谷信，“電子ペーパーの基礎”，映像情報メディア学会誌，査読有り，Vol. 67, No.10, pp.881-886(2013).
2) Tsukasa Kinjo, Naoki Saito, Makoto Omodani, “Vivid image projection system using e-Paper active screen”, Journal of the SID, 査読有り, 20/10, pp.559-565 (2012).

〔学会発表〕（計 14 件）

1) 鈴木慎之介，藤川知栄美，面谷信，“Volumetric 3D Display using Rotating Screens”, 21st International Display Workshops, 2014 年 12 月 4 日,朱鷺メッセ（新潟県・新潟市）．
2) 佐藤孝太郎，面谷信，“Improvement of Response of an Electrophoretic Display by Controlling Liquid Flow”, The 21st International Display Workshops, 2014 年 12 月 4 日，朱鷺メッセ（新潟県・新潟市）．
3) 鈴木慎之介，藤川知栄美，面谷信，“回転スクリーンを用いた体積型立表示－渦巻型スクリーンの検討－”第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 2014 年 9 月 18 日，北海道大学(北海道・札幌市).
4) 佐藤孝太郎，面谷信，“Improvement of Particle Velocity of an Electrophoretic Display by Introducing Guide Blocks in a Display Cell”, 30th International Conference on Digital Printing Technologies, 2014 年 9 月 9 日，Philadelphia(米国)．
5) 藤川知栄美，関谷陽一，面谷信，“同心円状回転スクリーンを用いた体積型立体表示装置”，第 61 回応用物理学会春季学術講演会，2014 年 3 月 18 日，青山学院大相模原キャンパス（神奈川県・相模原市）．
6) 佐藤孝太郎，面谷信，“電気泳動表示方式における粒子移動速度に及ぼす液体挙動の影響評価”，第 112 回日本画像学会研究討会，2013 年 11 月 22 日，ハートピア京都(京都府・京都市).

〔図書〕（計１件）

1) 面谷信ほか 29 名，日刊工業新聞社，“環境調和型新材料シリーズ　ディスプレイ材料”，2013 年，231 page(pp. 42-47).

〔産業財産権〕

○出願状況（計１件）

名称：立体像表示装置
発明者：面谷信，藤川知栄美，関谷陽一
権利者：東海大学
種類：特許
番号：特願 2013-161667
出願年月日：2013 年 8 月 2 日
国内外の別：国内

６．研究組織

(1)研究代表者
面谷　信（Makoto Omodani）
東海大学・工学部・光・画像工学科・教授
研究者番号：80297192

(2)研究分担者
前田 秀一（Shuichi Maeda）
東海大学・工学部・光・画像工学科・教授
研究者番号： 30580493

藤川 知栄美（Chiemi Fujikawa）
東海大学・工学部・光・画像工学科・准教授
研究者番号：　70319375